

⑫ 公開特許公報(A) 平1-273692

⑤ Int. Cl.⁴B 23 K 35/30
9/04

識別記号

3 4 0

庁内整理番号

A-7362-4E
M-7356-4E
S-7356-4E

⑬ 公開 平成1年(1989)11月1日

F 01 D 5/02

7910-3G 審査請求 未請求 請求項の数 10 (全8頁)

⑭ 発明の名称 タービン構成要素摩耗表面の補修法

⑯ 特 願 平1-61993

⑰ 出 願 平1(1989)3月14日

優先権主張 ⑱ 1988年3月14日 ⑲ 米国(US) ⑳ 168,097

- ⑳ 発 明 者 ロバート・エドワード・クラーク アメリカ合衆国, フロリダ州, オーランド, レイク, マイラ・ドライブ 3924
- ㉑ 発 明 者 デニス・レイ・アモス アメリカ合衆国, サウス・カロライナ州, ロック・ヒル, フェルンデイル・ドライブ 604
- ㉒ 出 願 人 ウェスチングハウス・エレクトリック・コーポレーション アメリカ合衆国, ペンシルベニア州, ビッツバーグ, ゲイトウェイ・センター(番地ナシ)
- ㉓ 代 理 人 弁理士 加藤 紘一郎 外1名

明 細 書

1. 発 明 の 名 称

タービン構成要素摩耗表面の補修法

2. 特 許 請 求 の 範 囲

- (1) 合金成分としてCr、Mo及びVを含む合金鉄製蒸気タービン構成要素の摩耗表面に合金鉄を肉盛りし、該合金鉄を所望の形状に機械加工するタービン構成要素摩耗表面の補修法であって、合金鉄は、0.04～0.22重量%のCと、0.15～1.0重量%のMnと、0.15～1.0重量%のSiと、0.0～0.02重量%のPと、0.0～0.016重量%のSと、0.0～0.8重量%のNiと、4.00～19.0重量%のCrと、0.43～2.1重量%のMoと、0.09～0.5重量%のVと、0.03～0.20重量%のNbと、0.0～0.08重量%のAlと、0.0～0.20重量%のCuと、0.005～0.06重量%のNと、残部Feとから成ることを特徴とするタービン構成要素摩耗表面の補修法。
- (2) 合金鉄は、0.08～0.11重量%のCと、

0.30～0.50重量%のMnと、0.30～0.50重量%のSiと、0.00～0.10重量%のPと、0.00～0.008重量%のSと、0.00～0.10重量%のNiと、8.00～9.50重量%のCrと、0.85～1.06重量%のMoと、0.18～0.25重量%のVと、0.06～0.10重量%のNbと、0.00～0.04重量%のAlと、0.00～0.10重量%のCuと、0.01～0.03重量%のNと、残部Feとから成ることを特徴とする請求項第(1)項記載のタービン構成要素摩耗表面の補修法。

- (3) 合金鉄を、溶接により摩耗表面に肉盛りすることを特徴とする請求項第(2)項記載のタービン構成要素摩耗表面の補修法。
- (4) 前記溶接は、ガス・タングステン・アーク溶接法、プラズマアーク溶接法、電子ビーム溶接法、レーザー溶接法及びガス・メタル・アーク溶接法のうち任意の一方法により行うことを特徴とする請求項第(3)項記載のタービン構成要素摩耗表面の補修法。

- (5) 溶接に先立ち、蒸気タービン構成要素を、少なくとも177℃まで予熱することを特徴とする請求項第(3)項記載のタービン構成要素摩耗表面の補修法。
- (6) 少なくとも肉盛り段階中に生じる熱を取り去るため、銅板をタービン構成要素に配設することを特徴とする請求項第(1)項記載のタービン構成要素摩耗表面の補修法。
- (7) 銅板は銅板であり、これを、水で冷却することを特徴とする請求項第(6)項記載のタービン構成要素摩耗表面の補修法。
- (8) タービン構成要素はロータであり、該ロータから摩耗した尖塔部を機械的に除去して調整された表面を形成し、該調整表面に、第1の溶接ビードをロータの横幅全体に互り形成し、次いで第2の溶接ビードを第1の溶接ビードから横方向に間隔を置いた位置で形成することを特徴とする請求項第(1)項記載のタービン構成要素摩耗表面の補修法。
- (9) 溶接の開始表面となる第1の張り出しタブを

少なくともロータの第1の長さ方向縁部に沿って設け、溶接の停止表面となる第2の張り出しタブを第1の長さ方向縁部から見てロータの横方向反対側の第2の長さ方向縁部に設けることを特徴とする請求項第(8)項記載のタービン構成要素摩耗表面の補修法。

- 00 第1及び第2の張り出しタブを少なくとも2つのオーバーラップした溶接物の状態でクロムから成るバタリング層と一緒にロータに付着させることを特徴とする請求項第(9)項記載のタービン構成要素摩耗表面の補修法。

(以下 余 白)

3. 発明の詳細な説明

本発明は、タービン構成要素の摩耗したり損傷した表面の補修法に関し、特に、摩耗表面を健全な溶着金属で肉盛りする溶接法に関する。

ロータやディスク(円板)のようなCRM-V合金製蒸気タービン構成要素は、最適な高温疲労特性及び高温クリープ特性を備えているが、溶接性に難があると考えられている。しかしながら、しばしば摩耗したり、慢蝕したり或いは割れたりするこれら構成要素の交換に関連して運転停止時間が生じると、電力会社は一日当たり数十万ドルの損失を被る場合があるので、多くのタービン構成要素補修法が実施されている。

かかる補修法の一例では、個々の鍛造鋼片を摩耗ロータ又はディスクに溶接する。しかしながら、この種の補修法をロータブレードの溝のための単一の固定部(本明細書では、かかる固定部を「尖塔部」と称する)に対して実施する場合、溶接機の接近性が非常に制限される。したがって、接近性が非常に制限された状態で溶接による補修を行

った場合、非破壊検査により得られる品質結果が気孔割れの発生やスラグ巻き込みに起因して不合格となる場合がある。

また、少量の溶接シームをタービン構成要素と交換用鍛造品との間に形成した後、サブマージアーク溶接法によりロータを補修する方法も公知である。かかる補修法については米国特許第4,213,025号及び第4,219,717号を参照されたい。なお、かかる米国特許の開示内容を本明細書の一部を形成するものとして引用する。かかる補修法では、リング状鍛造品を摩耗したディスク又はロータに溶接するか、或いは全く新しいロータ鍛造品を溶接してロータの端部全体を交換する。この目的のため、狭間先溶接法によるルート部のパスを行い、次いでガス・メタル・アーク溶接(ミグ溶接ともいう)法により肉盛りする技術を開示するクラーク(Clark)氏等に付与された米国特許第4,633,554号を参照されたい。

しかしながら、通常、この方法を用いて得られる引張特性及び疲労特性は低く、応力の高いロー

タ尖塔部に用いるには不十分である。

また、溶接欠陥としての割れがロータの半径方向に沿って長さ方向に配向しないような広幅の又は深い溝を有するロータ部分の肉盛り補修のためサブマージアーク溶接法だけを利用することもある。サブマージアーク溶接法による肉盛り補修の大きな利点は、肉盛り速度又は溶着速度が非常に高く、典型的には溶接金属が毎時約7kgの速度で肉盛りされることにある。肉盛り速度を大きくすることが重要であるが、その理由は、使用状態にあるロータの溶接補修法の多くはタービンの運転停止中に実施されるためであり、かくして補修に要する時間の多少は重要な問題である。しかしながら、この方法では予熱処理を施さなければならないので、粒度が比較的大きくなり冶金学的特性が劣化する。一般的には、サブマージアーク溶接法により低圧用ロータに施された溶接物は、降伏強さが約85~100 ksi (586~689 MPa)、室温シャルピー靱性指数又は衝撃値が約100~120 ft-lbs (136~163 J)であ

数又は衝撃値は約110~130 ft-lbs (150~177 J)である。しかしながら、CrMoV製ロータの補修溶接法としてのガス・メタル・アーク溶接法は、CrMoV合金に用いた場合にアークブロー（磁気吹き）法の問題点と関連がある。

最近では、NiMoV及びNiCrMoV製の低圧用ロータ構成要素の補修法としてガス・タングステン・アーク溶接法（GTAW）が注目されている。かかる溶接法については、フロリダ州オークランド所在のウエスチングハウス・エレクトリック・コーポレーション発電部門により出版された、第47回アメリカ電力会議（1985年4月22~24日の3日間にわたりイリノイ州シカゴで開催）におけるアール・イー・クラーク（R.E. Clark）氏等の発表文である「低圧蒸気タービン用ロータの溶接補修に関する経験（Experiences with Weld Repair of Low Pressure Steam Turbine Rotors）」を参照されたい。ガス・タングステン・アーク溶接法は、個々のロータ取付け用溝の補修や、小規模な表面欠陥を修復するような外観上

る。また、サブマージアーク溶接法により得られる溶接物は、溶接金属中にしばしばスラグ巻込み及び気孔があるために超音波探傷試験を実施した場合に得られる品質結果が劣るので不合格となる場合が多い、と考えられている。さらに、サブマージアーク溶接法による溶接物で形成されるCrMoV製高圧タービン用ロータの溶接部に関しては、クリープ破断及び切欠き感受性につき重大な問題が生じている。かくして、応力集中度が高い小さなアール（丸み）を有するCrMoV製ロータ尖塔部の溶接補修に用いる方法としては、一般にサブマージアーク溶接法は利用できない。

また、ロータ及びディスクを補修するためガス・メタル・アーク溶接法が採用されている。この溶接法では、一般的にサブマージアーク溶接法で得られる溶接物よりも僅かに特性の優れた溶接金属が毎時約7kgの速度で肉盛りされる。一般に、ガス・メタル・アーク溶接法による合金鋼製タービン構成要素の降伏強さは約85~100 ksi (586~689 MPa)、室温シャルピー靱性指

の、即ち浅い溝の補修に利用されている。また、ガス・タングステン・アーク溶接法を利用すると、プレート取付け溝の種々の位置、即ち360°に亘り多数の肉盛り部を形成被覆して摩耗した材料を修復できる。かかるガス・タングステン・アーク溶接法によれば、超音波探傷試験により得られる品質結果が比較的優れ、予熱の必要がなく、ロータ材料の仕様要件を凌ぐ引張特性及び衝撃特性を有する溶接物が得られる。この溶接法により得られる低合金鋼溶接物の降伏強さは約90~115 ksi (621~793 MPa)、室温シャルピー靱性指数又は衝撃値は約160~210 ft-lbs (218~286 J)である。加えて、この溶接法を利用すると、上記の溶接法のうちでは最も微細な顕微鏡組織の粒度が得られる。

溶接法の選定は、歪み、非破壊試験の合格限界及び溶接後熱処理に応答する機械的性質等の種々の要因に基づく。タービンロータの各部分は独特な形状をしているので異なる使用条件下に置かれる。欠陥を最少限に抑えるだけでなく、溶接部及

び溶接熱影響部に割れがないようにするには、多数の溶接変数又はパラメータを注意深く制御するしかない。これらの変数のうち、ガス・タングステン・アーク溶接法に関しては、アンペア数、合金の選定、接合部の幾何学的形状、移動速度が挙げられる。選択したパラメータは、溶接を何回施しても再現性がある一定の品質を得る自動溶接法に対応すべきである。また、これらのパラメータは、例えば気孔、割れ及びスラグ巻込みの無い優れた溶接特性を生ぜしめると共にロータ及びディスクの可能な限りあらゆる補修部分に対応する必要がある。最後に、合金及び選択した溶接パラメータは、特性上、母材と同程度の溶接部を生ぜしめる必要がある。

したがって、本発明の主目的は、タービン構成要素の補修部分の冶金学的性質を最適化し、溶接熱影響部を最少限に抑えとと共に溶接に関連のある割れを無くする溶接法を提供することにある。

この目的に鑑みて、本発明の要旨は、合金成分としてCr、Mo及びVを含む合金鉄製蒸気ター

0.16重量%、Niが0.0~0.8重量%、Crが4.00~19.0重量%、Moが0.43~2.1重量%、Vが0.09~0.5重量%、Nbが0.03~0.20重量%、Alが0.0~0.08重量%、Cuが0.0~0.20重量%、Nが0.005~0.06重量%、Feが残部を占める。しかしながら、最も好ましい合金鉄は本質的に、0.08~0.11重量%のCと、0.30~0.50重量%のMnと、0.30~0.50重量%のSiと、0.00~0.10重量%のPと、0.00~0.008重量%のSと、0.00~0.40重量%のNiと、8.00~9.50重量%のCrと、0.85~1.05重量%のMoと、0.18~0.25重量%のVと、0.06~0.10重量%のNbと、0.00~0.04重量%のAlと、0.00~0.10重量%のCuと、0.01~0.03重量%のNと、残部Feとから成る。

本発明は、添付の図面を参照してなされる好ましい実施例の以下の説明を読むと一層容易に理解できよう。

肉盛り段階は、合金鉄をタービン構成要素20、

ビン構成要素の摩耗表面に合金鉄を肉盛りし、該合金鉄を所望の形状に機械加工するタービン構成要素摩耗表面の補修法において、合金鉄は、0.04~0.22重量%のCと、0.15~1.0重量%のMnと、0.15~1.0重量%のSiと、0.0~0.02重量%のPと、0.0~0.016重量%のSと、0.0~0.8重量%のNiと、4.00~19.0重量%のCrと、0.43~2.1重量%のMoと、0.09~0.5重量%のVと、0.03~0.20重量%のNbと、0.0~0.08重量%のAlと、0.0~0.20重量%のCuと、0.005~0.06重量%のNと、残部Feとから成ることを特徴とするタービン構成要素摩耗表面の補修法にある。

好ましい実施例では、摩耗した構成要素に肉盛りされる合金鉄は、約7.0~11.0重量%のCrと、約0.1~3.0重量%のMoとを含有するように選択される。一つの好ましい特定の合金鉄の組成範囲は本質的に、Cが約0.04~0.02重量%、Mnが0.15~1.0重量%、Siが0.15~1.0重量%、Pが0.0~0.02重量%、Sが0.0~

40.50(第1図~第5図参照)の摩耗表面に溶接する段階から成る。この溶接段階は好ましくは、ガス・タングステン・アーク溶接法、プラズマアーク溶接法、電子ビーム溶接法、レーザ溶接法及びガス・メタル・アーク溶接法のうち任意の一方法を用いて実施する。その他の溶接法を利用して本発明の新規な合金を肉盛りできるように思われるが、採用する溶接法は溶接熱影響部を最少限に抑えて母材に不必要な欠陥を無くするようなものであることが重要である。

現在までに用いられている溶接法のうち最も好ましいのはガス・タングステン・アーク溶接法であり、かかる溶接法により好ましい合金鉄を切削加工又は研削加工されたタービン構成要素20、40又は50に溶接して「マルチパス」による肉盛り部12、42又は54を形成する。本発明の好ましいガス・タングステン・アーク溶接法では、溶接段階に先立って、蒸気タービン構成要素を少なくとも約177℃まで予熱する。ディスク及びロータに対し「360°」にわたる溶接のため側

板を用いるのが良い。本明細書では、「360°」の補修とは、溶接金属をロータ又はディスクのようなタービン構成要素の周囲部に、十分な高さが得られるまで連続的に肉盛りし、その後、ロータの個々の尖塔部を機械加工し、又はディスクを使用公差まで切削加工することをいう。好ましくは、側板をロータ用CrMoV鋼で製造し、これを水で冷却して溶接に伴う副作用をさらに軽減するのが良い。

第5図に示すような360°の尖塔部肉盛り溶接法である高圧用ロータの好ましい補修法の実施にあたっては、ロータの全ての尖塔部44を機械加工により除去して中空のリング状素材を形成する。次いで、360°の溶接肉盛り部54を形成する。この肉盛り部の形成にあたり、水冷式調製側板を摩耗表面の縁に沿って配設するのが良い。溶接により、本発明の好ましい合金鉄が、水冷式側板に附着するだけでなく、摩耗表面に附着する。

ロータ構成要素に対し単一の尖塔部補修を行う場合、好ましくは摩耗尖塔部をロータの残部から

完全に除去する。次に、少なくとも溶接の開始表面となる第1の張り出し(run-off)タブを少なくともロータの第1の長さ方向縁部に沿って設ける。溶接の停止表面となる第2の張り出しタブを第1の長さ方向縁部から見てロータの横方向反対側の第2の長さ方向縁部に設けるのが良い。張り出しタブの取付け場所は時には欠陥箇所であるので、被覆作業を行ってこれら張り出しタブ46をロータに接合する。好ましくは、この被覆手段はバタリング層であるが、より好ましくはこのバタリング層はクロムから成り、これを少なくとも2つのオーバーラップした溶接物内に設ける。

単一の尖塔部の好ましいガス・タングステン・アーク溶接法による補修中、第1のビードを、機械加工又はその他の方法で調製された表面にロータの横幅全体に互り溶接する。次いで第2のビードを第1のビードから間隔を置いた状態で調製表面にロータの横幅全体に互り溶接する。もし溶接の余地があれば、第3及び第4の溶接ビードを同様に間隔を置いた状態で形成する。この間歇的な

溶接法を利用すると、溶接部のすぐ下に位置した母材部分は、そのすぐ隣の部分の溶接に先立って徐冷可能である。したがって、溶接部が形成された溶接熱影響部に関連のある脆性は最少限に抑えられる。

第1図のタービンロータ20は好ましくは、既に稼働状態にあるタービンから選択される。但し、セレーションが設けられていない新しいロータを、以下に説明する溶接法の最初のタービン構成要素として用いても良いと思われる。

一般的に、本発明の蒸気タービン用ロータ及びディスクは、通常、合金元素の含有量が6%未満である低合金鋼、例えば好ましくはCrMoV合金(A470、クラス8)及びその改質合金から製造されている。

使用済みのタービン構成要素、例えばロータ20、40、50を用いる場合、高応力が生じている状態の個々の尖塔部44を機械的に除去することが好ましい。本明細書では、「機械的に除去する」とは、研削加工、切削加工、アーク・ガウ

ジング、及びその他冶金分野の当業者に公知の方法を含む(但し、これらに限定されない)公知の金属除去方法のうち任意のものをいう。第4図の場合のように、摩耗した尖塔部全体を除去すべきであるが、その理由は、引き続き溶接作業によりこれら構成要素の高応力領域に弱い熱影響部が生じる恐れを減少させることが重要なためである。

第2図、第4図及び第5図には示されているように、本発明の好ましい合金鉄組成物を肉盛りするには、これら合金組成物をタービン構成要素の摩耗表面に溶接するのが良い。この溶接段階は、公知の溶接法のうち任意のものをを用いて実施しても良いが、好ましくは、ガス・タングステン・アーク溶接法、プラズマアーク溶接法、電子ビーム溶接法、レーザー溶接法及びガス・メタル・アーク溶接法のうち任意の一方法により行う。タービン構成要素20、40、50内の応力を減少させるため、溶接に先立って、好ましくは少なくとも約100℃〜約300℃まで、より好ましくは約177℃〜約204℃まで予熱するのが良い。

本発明の好ましいガス・タングステン・アーク溶接法の実施手順にあたり、溶接すべき表面を状態調節して光沢のある金属面にするのが好ましい。より好ましくは、金属母材表面を、変性アルコール、アセトン、メチルクロロホルム又は洗浄剤の使用により、溶接領域から約5cmの距離に互り清浄にする。また、メチルクロロホルムで清浄にした場合には、次にアルコール、アセトン又は溶剤で洗浄すべきことに留意されたい。さらに、溶接すべき金属母材表面を非破壊試験法により検査すること、及び最深部の割れが発見され或いはその存在が疑われる疲労領域を越えて金属を少なくとも1/16インチさらに除去することが望ましい。

本発明の好ましいガス・タングステン・アーク溶接法では、以下の表に示す溶接パラメータが有用であると考えられる。

(前頁より続く)

	3/8 ~ 3/4	3/8 ~ 3/4	3/8 ~ 3/4
・タングステン・スチックアーク (P)	0.045	0.045	0.045
・ワイヤ・サイズ (P)	50%+50%	50%+50%	50%+50%
・主シールドガス: アルゴン	100%	100%	100%
・ベリウム	50%	50%	50%
・先行シールドガス: アルゴン	100%	100%	100%
・ビードのオーパレーション	50%	50%	50%

表

パラメータ	図 1, 3, 4	図 2	溶接部の状態
・電流の性質	パルス60%	パルス60%	真っ直ぐ (パルス無し)
・アンペア数	85 ~ 120	100 ~ 150	280
・電圧	8.5 ~ 9.0	9.0 ~ 10	11 ~ 13
・電圧 (直線) (P)	4.0	3.0	4.5 ~ 8.0
・パルス周波数	3 サイクル/秒	3 サイクル/秒	無し
・振動のタイプ	OSC × 0.300	OSC × 0.300	真っ直ぐ
・OSC 振幅	0.22	0.22	0
・ワイヤ送給速度 (P/分)	5 ~ 25	5 ~ 20	50
・タングステン・サイズ	1/8 又は 3/32	1/8 又は 3/32	1/8
・2% トリウム			
・直線 (P)			

第4図に示すように、溶接におけるビード形成手順は、ビードを間隔を置いた状態で順次形成する態様とすべきである。すなわち、第1のビード1を切削加工された表面に好ましいロータ40の横幅全体に互り肉盛りし、次に第2のビード2を調整された表面に、第1のビードから間隔を置いた状態でロータの横幅全体に互り溶接する。溶接領域の外側から内側に向かって溶接金属を肉盛りしてビード1 ~ 10等を形成すると、溶接により生じる熱影響部(HAZ)の数は少なくなる。ピーニングを施すのは賢明ではないので、好ましくは溶接を、自動ガス・タングステン・アーク溶接機を平らな位置から±15°の範囲に位置させた状態で行う。この溶接機の溶接停止を、~~減速以前に~~ 15アンペア以下の値まで電流を漸減させることにより行うものとする。加えて、第4図に示すような張り出しタブ46は、溶接物形成の開始及び停止に用いるべきである。というのは、これらの場所は冶金学的欠陥を生ずる場合があるからである。また、アークブローを最少限に抑え

るため、溶接に先立って金属母材を清浄するのが望ましい。

溶接中、好ましくは、金属母材のバス間温度を300℃以下、好ましくは250℃以下、より好ましくは204℃以下にすべきである。溶接直後においては、溶接されたタービン構成要素を、約149℃〜約260℃、好ましくは約176℃〜約204℃の温度状態に保つべきである。後熱処理による温度維持を行った後、溶接された状態のタービン構成要素に溶接後熱処理を施して500℃以上、好ましくは600℃以上、より好ましくは約663℃以上に昇温させるのが良い。溶接後熱処理により得る温度を、溶接応力を最少限に抑え、溶接物及び熱影響部の硬度の十分な「テンパリング・バック (tempering back)」を生ぜしめ、また、必要ならば熱の影響を受けなかった金属母材の「過剰焼戻し (overtempering)」を防止して所要の溶接強度を得るような温度に選択すべきである。本発明の好ましいロータ補修法は一般的には、補修溶接部分で局部的に溶接後熱処理を施す

段階を含む。この局部的な応力除去段階は、所定の軸方向及び半径方向温度勾配に合うよう補修部分全体をロータに沿って軸方向に加熱する段階から成る。

溶接領域の溶接後熱処理の次に、上述の方法により補修したタービン構成要素20、40、50をサンドブラストしてからこれに対し非破壊検査、例えば、磁気粒子、染色浸透剤又は超音波を用いる非破壊検査を実施する。加えて、肉盛り溶接部の硬度の測定及び同一の溶接作業中に生じた金属クーボンの引張試験のため機械的試験を実施する。すると、タービン構成要素は最終的な寸法検査及び仕上げ加工、即ちセレーション14の形成作業を行える状態にある。

上記の説明から、本発明は合金鉄製蒸気タービン構成要素の改良型補修法を提供していることが理解できよう。溶接法、合金の組成、熱処理の実施に係る本発明の構成上の特徴により、高温特性が改善された補修表面が得られる。種々の実施例を図示説明したが、これは例示に過ぎず本発明を

限定するものではない。当業者には明らかであろう種々の変形例は特許請求の範囲に記載された本発明の範囲に属する。

4. 図面の簡単な説明

第1図は、古い尖塔部が機械加工により切除された制御段ロータの横断面図である。

第2図は、機械加工された表面に溶着した溶接肉盛り部を示す第1図の制御段ロータの横断面図である。

第3図は、機械加工されて補修された尖塔部を示す第2図の制御段ロータの部分横断面図である。

第4図は、張り出しタブ状プレートの使用状態及びビードの形成順序が示されている単一の尖塔部補修法を示す部分斜視図である。

第5図は、尖塔部が機械加工により除去されたロータの360°の補修が施され、その結果360°の溶接肉盛り部が形成されている状態を示す部分斜視図である。

[主要な参照番号の説明]

- 12、42、54 … 肉盛り部
- 14 … セレーション
- 20、40、50 … タービン構成要素
- 44 … 尖塔部
- 46 … 張り出しタブ

特許出願人：ウエスチングハウス・エレクトリック・コーポレーション

代理人：加藤 誠一郎 (外1名)

FIG. 1

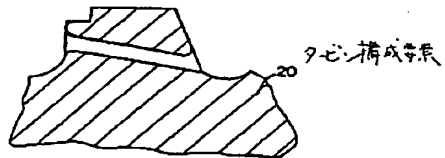


FIG. 2

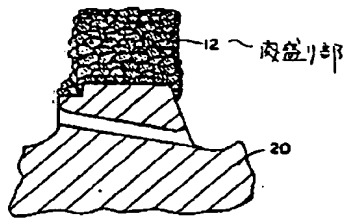


FIG. 3

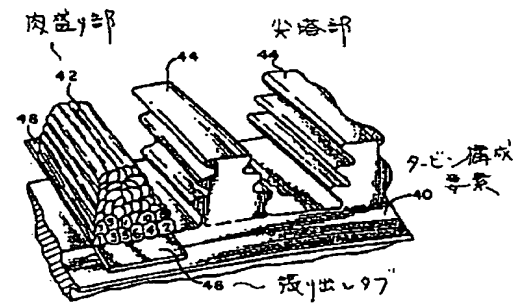
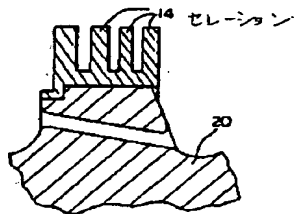


FIG. 4

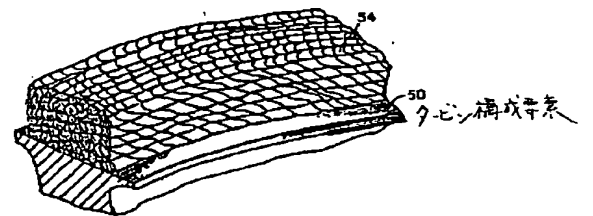


FIG. 5